

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-043995

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl. H04B 7/10  
 H04B 7/06  
 H04B 7/08  
 H04B 7/26

(21)Application number : 2000-226967

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 27.07.2000

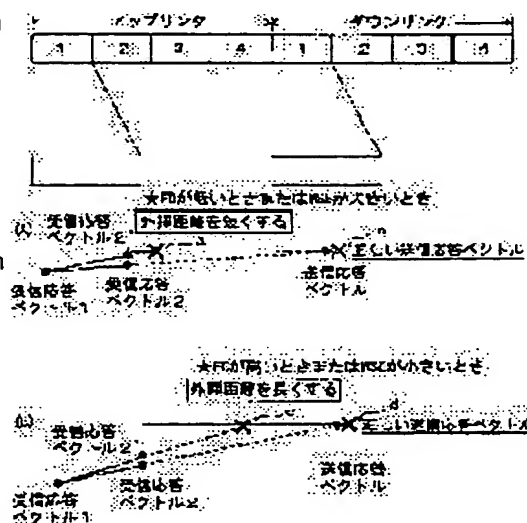
(72)Inventor : KITAKADO JUN  
 DOI YOSHIHARU

## (54) RADIO DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a radio device that can suppress deterioration in the transmission directivity in an outgoing channel caused by a time difference between incoming and outgoing channels.

SOLUTION: The radio device unit 1000 separates a signal from a specific terminal among signals from adaptive array antennas #1-#4 on the basis of a reception weight vector calculated by a reception weight vector computer 20. A reception response vector computer 22 introduces a reception response vector through a propagation path through which a signal from a specific terminal propagates. A transmission response vector estimate unit 32 applies extrapolation processing to the estimate result by the reception response vector computer 22 with a parameter in response to a propagation environment to predict a transmission response vector at the point of transmission time. A transmission weight vector computer 30 controls antenna directivity during transmission on the basis of the prediction result of the transmission response vector estimate unit 32.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

31.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-43995

(P2002-43995A)

(43) 公開日 平成14年2月8日(2002.2.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>7</sup> (参考)
H 0 4 B	7/10	H 0 4 B	A 5 K 0 5 9
	7/06		5 K 0 6 7
	7/08		D
	7/26		B

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-226967(P2000-226967)

(22) 出願日 平成12年7月27日(2000.7.27)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 北門 順

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 土居 義晴

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎 (外3名)

Fターム(参考) 5K059 CC02 CC03 CC04 DD31

5K067 AA03 BB04 CC04 CC24 EE02

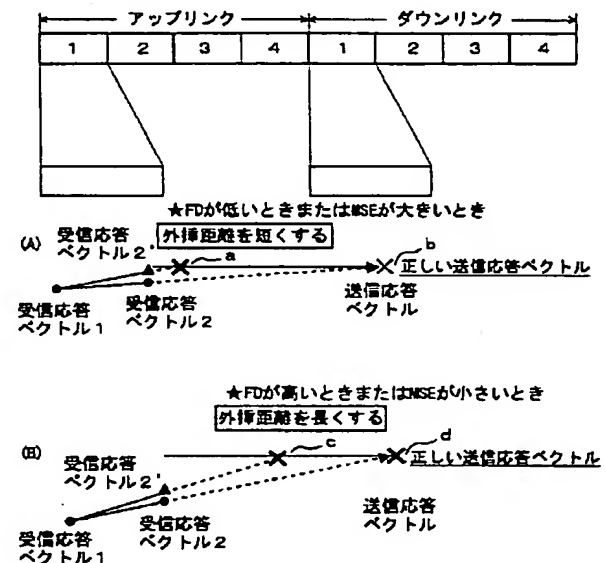
EE10 KK02 KK03

(54) 【発明の名称】 無線装置

(57) 【要約】

【課題】 上下回線間の時間差により発生する下り回線での送信指向性の劣化を抑制することが可能な無線装置を提供する。

【解決手段】 無線装置1000は、アダプティブアレイアンテナ#1～#4からの信号のうち特定の端末からの信号を受信ウェイトベクトル計算機20で計算される受信ウェイトベクトルに基づいて分離する。受信応答ベクトル計算機22は、特定の端末からの信号の伝搬路の受信応答ベクトルを導出する。送信応答ベクトル推定機32は、受信応答ベクトル計算機22の推定結果に、伝搬環境に応じたパラメータで外挿処理を施し、送信時点の送信応答ベクトルを予測する。送信ウェイトベクトル計算機30は、送信応答ベクトル推定機32の予測結果に基づいて、送信時のアンテナ指向性を制御する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 リアルタイムにアンテナ指向性を変更し、複数の端末との間で信号の送受信を時分割で行なう無線装置であって、  
離散的に配置された複数のアンテナと、

信号の送受信時に前記複数のアンテナを共用する送信回路および受信回路とを備え、

前記受信回路は、

受信信号の受信時に、前記複数のアンテナからの信号に基づいて、前記複数の端末のうち特定の端末からの信号を分離するための受信信号分離手段と、

前記受信信号の受信時に、前記複数のアンテナからの信号に基づいて、前記特定の端末からの伝搬路の受信応答ベクトルを推定する受信伝搬路推定手段とを含み、

前記送信回路は、

前記受信伝搬路推定手段の推定結果に基づいて、送信信号の送信時の伝搬路の送信応答ベクトルを推定する送信伝搬路推定手段と、

前記送信伝搬路推定手段の推定結果に基づいて、前記送信信号の送信時の前記アンテナ指向性を更新する送信指向性制御手段とを含み、

前記送信伝搬路推定手段は、

前記受信伝搬路推定手段によって推定された前記特定の端末からの上り回線スロットの複数の前記受信応答ベクトルに基づく外挿処理により、前記特定の端末への下り回線スロットの前記送信応答ベクトルを算出する外挿手段と、

前記伝搬路の伝搬環境に応じて予め決定された、前記外挿処理に用いる複数のパラメータを保持した記憶手段と、

前記伝搬路の伝搬環境を推定して、前記保持された複数のパラメータのうち前記推定された伝搬環境に対応するパラメータを選択して前記外挿手段による外挿処理に適用する選択手段とを有する、無線装置。

【請求項 2】 前記パラメータは、前記外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、前記記憶手段は、前記伝搬環境を表すドップラー周波数に応じて予め決定された複数の外挿距離を保持し、前記選択手段は、前記伝搬路のドップラー周波数を推定して、前記保持された複数の外挿距離のうち前記推定されたドップラー周波数に対応する外挿距離を選択して前記外挿手段による外挿処理に適用する、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 3】 前記選択手段は、推定されたドップラー周波数が低いほどより短い外挿距離を選択し、高いほどより長い外挿距離を選択する、請求項 2 に記載の無線装置。

【請求項 4】 前記パラメータは、前記外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、前記記憶手段は、前記伝搬環境を表す、前記分離された信号と期待される所望信号との信号誤差に応じて予め決定された複数の外挿

距離を保持し、前記選択手段は、前記伝搬路の信号誤差を推定して、前記保持された複数の外挿距離のうち前記推定された信号誤差に対応する外挿距離を選択して前記外挿手段による外挿処理に適用する、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 5】 前記選択手段は、推定された信号誤差が大きいほどより短い外挿距離を選択し、小さいほどより長い外挿距離を選択する、請求項 4 に記載の無線装置。

【請求項 6】 前記パラメータは、前記外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、前記記憶手段は、前記伝搬環境を表す、ドップラー周波数、および前記分離された信号と期待される所望信号との信号誤差に応じて予め決定された複数の外挿距離を保持し、前記選択手段は、前記伝搬路のドップラー周波数および信号誤差を推定して、前記保持された複数の外挿距離のうち前記推定されたドップラー周波数および信号誤差に対応する外挿距離を選択して前記外挿手段による外挿処理に適用する、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 7】 前記選択手段は、前記推定されたドップラー周波数に対応する外挿距離を仮に選択し、前記推定された信号誤差に対応して前記仮に選択した外挿距離を補正する、請求項 6 に記載の無線装置。

【請求項 8】 前記伝搬環境と前記複数のパラメータとの関係は、前記無線装置ごとに個々に決定される、請求項 1 に記載の無線装置。

【請求項 9】 前記伝搬環境と前記複数のパラメータとの関係は、複数の前記無線装置に共通に決定される、請求項 1 に記載の無線装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、リアルタイムにアンテナ指向性を変更可能な無線装置の構成に関し、特に、アダプティブアレイ無線基地局において用いられる無線装置の構成に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、移动通信システムにおいて、周波数の有効利用を図るべく種々の伝送チャネル割当方法が提案されており、その一部のものは実用化されている。

【0003】図 9 は周波数分割多重接続 (Frequency Division Multiple Access : FDMA)、時分割多重接続 (Time Division Multiple Access : TDMA) および PDMA (Path Division Multiple Access) の各種の通信システムにおけるチャネルの配置図である。

【0004】まず、図 9 を参照して、FDMA、TDMA および PDMA について簡単に説明する。図 9 (a) は FDMA を示す図であって、異なる周波数  $f_1 \sim f_4$  の電波でユーザ 1 ~ 4 のアナログ信号が周波数分割されて伝送され、各ユーザ 1 ~ 4 の信号は周波数フィルタによって分離される。

【0005】図 9 (b) に示す TDMA においては、各

ユーザのデジタル化された信号が、異なる周波数  $f_1 \sim f_4$  の電波で、かつ一定の時間（タイムスロット）ごとに時分割されて伝送され、各ユーザの信号は周波数フィルタと基地局および各ユーザ移動端末装置間の時間同期により分離される。

【0006】一方、最近では、携帯型電話機の普及により電波の周波数利用効率を高めるために、PDMA方式が提案されている。このPDMA方式は、図9(c)に示すように、同じ周波数における1つのタイムスロットを空間的に分割して複数のユーザのデータを伝送するものである。このPDMAでは各ユーザの信号は周波数フィルタと基地局および各ユーザ移動端末装置間の時間同期とアダプティブアレイ（adaptive array）などの相互干渉除去装置とを用いて分離される。

【0007】このようなアダプティブアレイ無線基地局の動作原理については、たとえば下記の文献に説明されている。

【0008】B. Widrow, et al. : "Adaptive Antenna Systems," Proc. IEEE, vol. 55, No. 12, pp. 2143-2159 (Dec. 1967) .

S. P. Applebaum : "Adaptive Arrays", IEEE Trans. Antennas & Propag., vol. AP-24, No. 5, pp. 585-598 (Sept. 1976) .

O. L. Frost, III : "Adaptive Least Squares Optimization Subject to Linear Equality Constraints," SEL-70-055, Technical Report, No. 6796-2, Information System Lab., Stanford Univ. (Aug. 1970) .

B. Widrow and S. D. Stearns : "Adaptive Signal Processing," Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1975) .

R. A. Monzingo and T. W. Miller : "Introduction to Adaptive Arrays," John Wiley & Sons, New York (1980) .

J. E. Hudson : "Adaptive Array Principles," Peter Peregrinus Ltd., London (1981) .

R. T. Compton, Jr. : "Adaptive Antennas - Concepts and Performance," Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1988) .

E. Nicolau and D. Zaharia : "Adaptive Arrays," Elsevier, Amsterdam (1989) .

図10は、このようなアダプティブアレイ無線基地局の動作原理を概念的に示す模式図である。図10において、1つのアダプティブアレイ無線基地局1は、 $n$ 本のアンテナ#1、#2、#3、…、# $n$ からなるアレイアンテナ2を備えており、その電波が届く範囲を第1の斜線領域3として表わす。一方、隣接する他の無線基地局6の電波が届く範囲を第2の斜線領域7として表わす。

【0009】領域3内で、ユーザAの端末である携帯電話機4とアダプティブアレイ無線基地局1との間で電波信号の送受信が行なわれる（矢印5）。一方、領域7内

で、他のユーザBの端末である携帯電話機8と無線基地局6との間で電波信号の送受信が行なわれる（矢印9）。

【0010】ここで、たまたまユーザAの携帯電話機4の電波信号の周波数とユーザBの携帯電話機8の電波信号の周波数とが等しいとき、ユーザBの位置によっては、ユーザBの携帯電話機8からの電波信号が領域3内で不要な干渉信号となり、ユーザAの携帯電話機4とアダプティブアレイ無線基地局1との間の電波信号に混入してしまうことになる。

【0011】このように、ユーザAおよびBの双方からの混合した電波信号を受信したアダプティブアレイ無線基地局1では、何らかの処理を施さなければ、ユーザAおよびBの双方からの信号が混じった信号を出力することとなり、本来通話すべきユーザAの通話が妨げられることになる。

【0012】[従来のアダプティブアレイアンテナの構成および動作] アダプティブアレイ無線基地局1では、このユーザBからの信号を出力信号から除去するために、次のような処理を行なっている。図11は、アダプティブアレイ無線基地局1の構成を示す概略ブロック図である。

【0013】まず、ユーザAからの信号を $A(t)$ 、ユーザBからの信号を $B(t)$ とすると、図10のアレイアンテナ2を構成する第1のアンテナ#1での受信信号 $x_1(t)$ は、次式のように表わされる：

$$x_1(t) = a_1 \times A(t) + b_1 \times B(t)$$

ここで、 $a_1$ 、 $b_1$ は、後述するようにリアルタイムで変化する係数である。

【0014】次に、第2のアンテナ#2での受信信号 $x_2(t)$ は、次式のように表わされる：

$$x_2(t) = a_2 \times A(t) + b_2 \times B(t)$$

ここで、 $a_2$ 、 $b_2$ も同様にリアルタイムで変化する係数である。

【0015】次に、第3のアンテナ#3での受信信号 $x_3(t)$ は、次式のように表わされる：

$$x_3(t) = a_3 \times A(t) + b_3 \times B(t)$$

ここで、 $a_3$ 、 $b_3$ も同様にリアルタイムで変化する係数である。

【0016】同様に、第 $n$ のアンテナ# $n$ での受信信号 $x_n(t)$ は、次式のように表わされる：

$$x_n(t) = a_n \times A(t) + b_n \times B(t)$$

ここで、 $a_n$ 、 $b_n$ も同様にリアルタイムで変化する係数である。

【0017】上記の係数 $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、…、 $a_n$ は、ユーザAからの電波信号に対し、アレイアンテナ2を構成するアンテナ#1、#2、#3、…、# $n$ のそれぞれの相対位置が異なるため（たとえば、各アンテナ同士は互いに、電波信号の波長の5倍、すなわち1メートル程度の間隔をあけて配されている）、それぞれのアン

テナでの受信強度に差が生じることを表わしている。

【0018】また、上記の係数 $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ も同様に、ユーザBからの電波信号に対し、アンテナ#1, #2, #3, ..., #nのそれぞれでの受信強度に差が生じることを表わしている。各ユーザは移動しているため、これらの係数はリアルタイムで変化する。

【0019】それぞれのアンテナで受信された信号 $x_1(t), x_2(t), x_3(t), \dots, x_n(t)$ は、対応するスイッチ10-1, 10-2, 10-3, ..., 10-nを介してアダプティブアレイ無線基地局1を構成する受信部1Rに入り、ウェイトベクトル制御部11に与えられるとともに、対応する乗算器12-1, 12-2, 12-3, ..., 12-nの一方入力にそれぞれ与えられる。

【0020】これらの乗算器の他方入力には、ウェイトベクトル制御部11からそれぞれのアンテナでの受信信号に対する重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ が印加される。これらの重みは、後述するように、ウェイトベクトル制御部11により、リアルタイムで算出される。

【0021】したがって、アンテナ#1での受信信号 $x_1(t)$ は、乗算器12-1を経て、 $w_1 \times (a_1 A(t) + b_1 B(t))$ となり、アンテナ#2での受信信号 $x_2(t)$ は、乗算器12-2を経て、 $w_2 \times (a_2 A(t) + b_2 B(t))$ となり、アンテナ#3での受信信号 $x_3(t)$ は、乗算器12-3を経て、 $w_3 \times (a_3 A(t) + b_3 B(t))$ となり、さらにアンテナ#nでの受信信号 $x_n(t)$ は、乗算器12-nを経て、 $w_n \times (a_n A(t) + b_n B(t))$ となる。

【0022】これらの乗算器12-1, 12-2, 12-3, ..., 12-nの出力は、加算器13で加算され、その出力は下記のようになる：

$$w_1(a_1 A(t) + b_1 B(t)) + w_2(a_2 A(t) + b_2 B(t)) + w_3(a_3 A(t) + b_3 B(t)) + \dots + w_n(a_n A(t) + b_n B(t))$$

これを信号A(t)に関する項と信号B(t)に関する項とに分けると次のようになる：

$$(w_1 a_1 + w_2 a_2 + w_3 a_3 + \dots + w_n a_n) A(t) + (w_1 b_1 + w_2 b_2 + w_3 b_3 + \dots + w_n b_n) B(t)$$

ここで、後述するように、アダプティブアレイ無線基地局1は、ユーザA, Bを識別し、所望のユーザからの信号のみを抽出できるように上記重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ を計算する。たとえば、図11の例では、ウェイトベクトル制御部11は、本来通話すべきユーザAからの信号A(t)のみを抽出するために、係数 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ を定数とみなし、信号A(t)の係数が全体として1、信号B(t)の係数が全体として0となるように、重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ を計算する。

【0023】すなわち、ウェイトベクトル制御部11

は、下記の連立一次方程式を解くことにより、信号A(t)の係数が1、信号B(t)の係数が0となる重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ をリアルタイムで算出する：

$$w_1 a_1 + w_2 a_2 + w_3 a_3 + \dots + w_n a_n = 1$$

$$w_1 b_1 + w_2 b_2 + w_3 b_3 + \dots + w_n b_n = 0$$

この連立一次方程式の解法の説明は省略するが、先に列挙した文献に記載されているとおり周知であり、現にアダプティブアレイ無線基地局において既実用化されているものである。

【0024】このように重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ を設定することにより、加算器13の出力信号は下記のとおりとなる：

$$\text{出力信号} = 1 \times A(t) + 0 \times B(t) = A(t)$$

【ユーザの識別、トレーニング信号】なお、前記のユーザA, Bの識別は次のように行なわれる。

【0025】図12は、携帯電話機の電波信号のフレーム構成を示す概略図である。携帯電話機の電波信号は大きくは、無線基地局にとって既知の信号系列からなるプリアンブルと、無線基地局にとって未知の信号系列からなるデータ（音声など）とから構成される。

【0026】プリアンブルの信号系列は、当該ユーザが無線基地局にとって通話すべき所望のユーザかどうかを見分けるための情報の信号系列を含んでいる。アダプティブアレイ無線基地局1のウェイトベクトル制御部11（図11）は、メモリ14から取出したユーザAに対応したトレーニング信号と、受信した信号系列とを対比し、ユーザAに対応する信号系列を含んでいると思われる信号を抽出するようにウェイトベクトル制御（重みの決定）を行なう。このようにして抽出されたユーザAの信号は、出力信号SRX(t)としてアダプティブアレイ無線基地局1から外部出力される。

【0027】一方、図11において、外部からの入力信号STX(t)は、アダプティブアレイ無線基地局1を構成する送信部1Tに入り、乗算器15-1, 15-2, 15-3, ..., 15-nの一方入力に与えられる。これらの乗算器の他方入力にはそれぞれ、ウェイトベクトル制御部11により先に受信信号に基づいて算出された重み $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ がコピーされて印加される。

【0028】これらの乗算器によって重み付けされた入力信号は、対応するスイッチ10-1, 10-2, 10-3, ..., 10-nを介して、対応するアンテナ#1, #2, #3, ..., #nに送られ、図10の領域3内に送信される。

【0029】ここで、受信時と同じアレイアンテナ2を用いて送信される信号には、受信信号と同様にユーザAをターゲットとする重み付けがされているため、送信された電波信号はあたかもユーザAに対する指向性を有するかのようにユーザAの携帯電話機4により受信され

る。図13は、このようなユーザAとアダプティブアレイ無線基地局1との間での電波信号の授受をイメージ化した図である。現実には電波が届く範囲を示す図10の領域3に対比して、図13の仮想上の領域3aに示すようにアダプティブアレイ無線基地局1からはユーザAの携帯電話機4をターゲットとして指向性を伴って電波信号が放射されている状態がイメージされる。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】上述の通り、PDMA方式では、同一チャネル干渉を除去する技術が必要である。この点で、干渉波に適応的にヌルを向けるアダプティブアレイは、希望波のレベルより干渉波のレベルが高い場合でも効果的に干渉波を抑制できるため、有効な手段である。

【0031】ところで、基地局にアダプティブアレイを用いた場合には、受信時の干渉除去だけではなく、送信時に不要な放射を低減することも可能である。このとき、送信時のアレイパターンは、受信時のアレイパターンを用いるか、到来方向推定などの結果から新たに生成する手法が考えられる。後者はFDD (Frequency Division Duplex)、TDD (Time Division Duplex) を問わず適用することができるが、複雑な処理が必要となる。一方、前者をFDDで用いる場合、送受信のアレイパターンが異なるため、アレイ配置やウエイトなどの補正が必要となる。このため、一般には、TDDでの適用が前提となり、外部スロットが連続した環境では良好な特性が得られている。

【0032】以上説明したように、基地局にアダプティブアレイを用いたTDD/ PDMA方式では、上り回線で得られたアレイパターン（ウエイトベクトルパターン）を下り回線で使用する際に、角度広がりのある動的なレイリー伝搬度を想定した場合には、上下回線間の時間差により下り回線で送信指向性が劣化する場合がある。

【0033】つまり、上り回線（アップリンク）でユーザ端末から基地局に電波が送信されてから、逆に基地局から下り回線（ダウンリンク）によりユーザ端末に電波を射出するまでに時間間隔があるため、ユーザ端末の移動速度が無視できない場合、基地局からの電波の射出方向と実際のユーザ端末の存在する方向との誤差のために送信指向性が劣化してしまうためである。

【0034】このような伝搬路の変動を考慮した下り回線用ウエイトの推定法として、上り回線で得られた受信応答ベクトルを用いた外挿処理により下り回線の送信応答ベクトルを推定する手法が提案されている。

【0035】しかしながら、受信信号のノイズやサンプリング誤差などにより上り回線で推定された受信応答ベクトルに推定誤差があれば、外挿処理の結果に誤差が生じ、下り回線の送信応答ベクトルを正確に推定できず、ひいては良好な送信指向性制御を行なうことができない

という問題があった。

【0036】本発明は、上記のような問題点を解決するためになされたものであって、たとえ上り回線で推定された受信応答ベクトルに推定誤差があっても、下り回線の送信応答ベクトルを正確に推定することができ、ひいては良好な送信指向性制御が可能な無線装置を提供することを目的とする。

【0037】

【課題を解決するための手段】この発明は、リアルタイムにアンテナ指向性を変更し、複数の端末との間で信号の送受信を時分割で行なう無線装置であって、離散的に配置された複数のアンテナと、信号の送受信時に複数のアンテナを共用する送信回路および受信回路とを備え、受信回路は、受信信号の受信時に、複数のアンテナからの信号に基づいて、複数の端末のうち特定の端末からの信号を分離するための受信信号分離手段と、受信信号の受信時に、複数のアンテナからの信号に基づいて、特定の端末からの伝搬路の受信応答ベクトルを推定する受信伝搬路推定手段とを含み、送信回路は、受信伝搬路推定手段の推定結果に基づいて、送信信号の送信時の伝搬路の送信応答ベクトルを推定する送信伝搬路推定手段と、送信伝搬路推定手段の推定結果に基づいて、送信信号の送信時のアンテナ指向性を更新する送信指向性制御手段とを含む。送信伝搬路推定手段は、受信伝搬路推定手段によって推定された特定の端末からの上り回線スロットの複数の受信応答ベクトルに基づく外挿処理により、特定の端末への下り回線スロットの前記送信応答ベクトルを算出する外挿手段と、伝搬路の伝搬環境に応じて予め決定された、外挿処理に用いる複数のパラメータを保持した記憶手段と、伝搬路の伝搬環境を推定して、保持された複数のパラメータのうち推定された伝搬環境に対応するパラメータを選択して外挿手段による外挿処理に適用する選択手段とを有する。

【0038】この発明によれば、たとえ上り回線で推定された受信応答ベクトルに推定誤差があっても、伝搬路の伝搬環境に応じて外挿処理に用いるパラメータを選択することにより、下り回線の送信応答ベクトルを正確に推定することができ、ひいては良好な送信指向性制御を実現することができる。

【0039】好ましくは、パラメータは、外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、記憶手段は、伝搬環境を表すドップラー周波数に応じて予め決定された複数の外挿距離を保持し、選択手段は、伝搬路のドップラー周波数を推定して、保持された複数の外挿距離のうち推定されたドップラー周波数に対応する外挿距離を選択して外挿手段による外挿処理に適用する。

【0040】この発明によれば、上り回線の受信応答ベクトルに推定誤差があれば外挿処理時の外挿距離が長くなるほど外挿誤差が大きくなることに鑑み、伝搬環境を表すドップラー周波数に応じた外挿距離を選択すること

により正確な送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0041】より好ましくは、選択手段は、推定されたドップラー周波数が低いほどより短い外挿距離を選択し、高いほどより長い外挿距離を選択する。

【0042】この発明によれば、ドップラー周波数が低いほど伝搬環境の変動が小さいため外挿距離を短くすることにより実際の変動量以上に外挿を行なうことを防止し、ドップラー周波数が高いほど伝搬環境の変動が大きいため外挿距離を長くすることにより十分な外挿を行なうことができる。

【0043】より好ましくは、パラメータは、外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、記憶手段は、伝搬環境を表わす、分離された信号と期待される所望信号との信号誤差に応じて予め決定された複数の外挿距離を保持し、選択手段は、伝搬路の信号誤差を推定して、保持された複数の外挿距離のうち推定された信号誤差に対応する外挿距離を選択して外挿手段による外挿処理に適用する。

【0044】この発明によれば、信号誤差が大きければより回線の受信応答ベクトルの推定誤差が大きくなり外挿誤差も大きくなることに鑑み、伝搬環境を表わす信号誤差に応じた外挿距離を選択することにより正確な送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0045】より好ましくは、選択手段は、推定された信号誤差が大きいのほどより短い外挿距離を選択し、小さいほどより長い外挿距離を選択する。

【0046】この発明によれば、信号誤差が大きいのほど外挿誤差が大きくなるため外挿距離を短くすることにより外挿誤差を抑制し、信号誤差が小さいほど外挿誤差が小さくなるため外挿距離を長くすることにより十分な外挿を行なうことができる。

【0047】より好ましくは、パラメータは、外挿手段による外挿処理における外挿距離であり、記憶手段は、伝搬環境を表す、ドップラー周波数、および分離された信号と期待される所望信号との信号誤差に応じて予め決定された複数の外挿距離を保持し、選択手段は、伝搬路のドップラー周波数および信号誤差を推定して、保持された複数の外挿距離のうち推定されたドップラー周波数および信号誤差に対応する外挿距離を選択して外挿手段による外挿処理に適用する。

【0048】この発明によれば、ドップラー周波数および信号誤差が外挿誤差を大きくすることに鑑み、伝搬環境を表わすドップラー周波数および信号誤差に応じた外挿距離を選択することにより正確な送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0049】より好ましくは、選択手段は、推定されたドップラー周波数に対応する外挿距離を仮に選択し、推定された信号誤差に対応して仮に選択した外挿距離を補正する。

【0050】この発明によれば、外挿誤差に大きな影響

を与えるドップラー周波数によって基本的な外挿距離の選択を行ない、さらに信号誤差に基づく外挿距離の補正を行なうことによって、より正確な送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0051】より好ましくは、伝搬環境と複数のパラメータとの関係は、無線装置ごとに個々に決定される。

【0052】この発明によれば、個々の無線装置ごとに伝搬環境とパラメータとの対応関係を事前測定により求めているので、より精度の高い送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0053】より好ましくは、伝搬環境と複数のパラメータとの関係は、複数の無線装置に共通に決定される。

【0054】この発明によれば、無線装置間の個体差が小さい場合には、伝搬環境とパラメータとの対応関係を複数の無線装置間で共通化することにより無線装置の製造過程の簡素化を図ることができる。

【0055】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕図1は、本発明の実施の形態のPDMA用基地局の無線装置（無線基地局）1000の構成を示す概略ブロック図である。

【0056】図1に示した構成においては、ユーザPS1とPS2とを識別するために、4本のアンテナ#1～#4が設けられている。ただし、アンテナの本数としては、より一般的にN本（N：自然数）であってもよい。

【0057】図1に示した送受信システム1000では、アンテナ#1～#4からの信号を受けて、対応するユーザ、たとえば、ユーザPS1からの信号を分離するための受信部SR1およびユーザPS1への信号を送信するための送信部ST1が設けられている。アンテナ#1～#4と受信部SR1および送信部ST1との接続は、スイッチ10-1～10-4により、選択的に切換えられる。

【0058】すなわち、それぞれのアンテナで受信された受信信号RX1(t)、RX2(t)、RX3(t)、RX4(t)は、対応するスイッチ10-1、10-2、10-3、10-4を介して受信部SR1に入り、受信ウェイトベクトル計算機20、受信応答ベクトル計算機22に与えられるとともに、対応する乗算器12-1、12-2、12-3、12-4の一方入力にそれぞれ与えられる。

【0059】これらの乗算器の他方入力には、受信ウェイトベクトル計算機20からそれぞれのアンテナでの受信信号に対する重み係数 $w_{rx11}$ 、 $w_{rx21}$ 、 $w_{rx31}$ 、 $w_{rx41}$ が印加される。これらの重み係数は、従来例と同様に、受信ウェイトベクトル計算機20により、リアルタイムで算出される。

【0060】送信部ST1は、受信応答ベクトル計算機22において算出された受信応答ベクトルを受けて、後に説明するように、送信時での伝搬路を推定、すなわち、送信時点での仮想的な受信応答ベクトルを推定する

ことで送信応答ベクトルを求める送信応答ベクトル推定機32と、送信応答ベクトル推定機32との間でデータを授受し、データを記憶保持するメモリ34と、送信応答ベクトル推定機32の推定結果に基づいて、送信ウェイトベクトルを算出する送信ウェイトベクトル計算機30と、それぞれ一方入力に送信信号を受け、他方入力に送信ウェイトベクトル計算機30からの重み係数 $w_{t \times 11}$ ,  $w_{t \times 21}$ ,  $w_{t \times 31}$ ,  $w_{t \times 41}$ が印加される乗算器15-1, 15-2, 15-3, 15-4とを含む。乗算器15-1, 15-2, 15-3, 15-4 10 からの出力は、スイッチ10-1~10-4を介して、\*

$$RX_1(t) = h_{11}Srx_1(t) + h_{12}Srx_2(t) + n_1(t) \quad \dots(1)$$

$$RX_2(t) = h_{21}Srx_1(t) + h_{22}Srx_2(t) + n_2(t) \quad \dots(2)$$

$$RX_3(t) = h_{31}Srx_1(t) + h_{32}Srx_2(t) + n_3(t) \quad \dots(3)$$

$$RX_4(t) = h_{41}Srx_1(t) + h_{42}Srx_2(t) + n_4(t) \quad \dots(4)$$

【0065】ここで、信号 $RX_j(t)$ は、 $j$ 番目( $j=1, 2, 3, 4$ )のアンテナの受信信号を示し、信号 $Srx_i(t)$ は、 $i$ 番目( $i=1, 2$ )のユーザが送信した信号を示す。

【0066】さらに、係数 $h_{ji}$ は、 $j$ 番目のアンテナに受信された、 $i$ 番目のユーザからの信号の複素係数を示す※

$$X(t) = H_1Srx_1(t) + H_2Srx_2(t) + N(t) \quad \dots(5)$$

$$X(t) = [RX_1(t), RX_2(t), \dots, RX_4(t)]^T \quad \dots(6)$$

$$H_i = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{i4}]^T, \quad (i=1, 2) \quad \dots(7)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_4(t)]^T \quad \dots(8)$$

【0069】なお式(6)~(8)において、 $[\dots]^T$ は、 $[\dots]$ の転置を示す。ここで、 $X(t)$ は入力信号ベクトル、 $H_i$ は $i$ 番目のユーザの受信応答ベクトル、 $N(t)$ は雑音ベクトルをそれぞれ示している。

【0070】アダプティブアレイアンテナは、図1に示したように、それぞれのアンテナからの入力信号に重み係数 $w_{rx1i} \sim w_{rx4i}$ を掛けて合成した信号を受信信号 $SRX(t)$ として出力する。

【0071】さて、以上のような準備の下に、たとえば、1番目のユーザが送信した信号 $Srx_1(t)$ を抽出する場合のアダプティブアレイの動作は以下になる。

【0072】アダプティブアレイ100の出力信号 $y_1(t)$ は、入力信号ベクトル $X(t)$ とウェイトベクトル $W_1$ のベクトルの掛算により、以下のような式で表わ★

$$y_1(t) = H_1W_1^T Srx_1(t) + H_2W_1^T Srx_2(t) + N(t)W_1^T \quad \dots(11)$$

【0077】ここで、アダプティブアレイ100が理想的に動作した場合、周知な方法により、ウェイトベクトル $W_1$ は次の連立方程式を満たすようにウェイトベクトル制御部11により逐次制御される。

【0078】

\*アンテナ#1~#4に与えられる。

【0061】なお、図1には図示していないが、受信部SR1および送信部ST1と同様の構成が、各ユーザに対しても設けられている。

【0062】[アダプティブアレイの動作原理]受信部SR1の動作を簡単に説明すると以下のとおりである。

【0063】アンテナで受信された受信信号 $RX_1(t)$ ,  $RX_2(t)$ ,  $RX_3(t)$ ,  $RX_4(t)$ は、以下の式で表される。

【0064】

【数1】

$$RX_1(t) = h_{11}Srx_1(t) + h_{12}Srx_2(t) + n_1(t) \quad \dots(1)$$

$$RX_2(t) = h_{21}Srx_1(t) + h_{22}Srx_2(t) + n_2(t) \quad \dots(2)$$

$$RX_3(t) = h_{31}Srx_1(t) + h_{32}Srx_2(t) + n_3(t) \quad \dots(3)$$

$$RX_4(t) = h_{41}Srx_1(t) + h_{42}Srx_2(t) + n_4(t) \quad \dots(4)$$

※し、 $n_j(t)$ は、 $j$ 番目の受信信号に含まれる雑音を示している。

【0067】上の式(1)~(4)をベクトル形式で表記すると、以下のようになる。

【0068】

【数2】

$$X(t) = H_1Srx_1(t) + H_2Srx_2(t) + N(t) \quad \dots(5)$$

$$X(t) = [RX_1(t), RX_2(t), \dots, RX_4(t)]^T \quad \dots(6)$$

$$H_i = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{i4}]^T, \quad (i=1, 2) \quad \dots(7)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_4(t)]^T \quad \dots(8)$$

★することができる。

【0073】

【数3】

$$y_1(t) = X(t)W_1^T \quad \dots(9)$$

$$W_1 = [w_{rx11}, w_{rx21}, w_{rx31}, w_{rx41}]^T \quad \dots(10)$$

【0074】すなわち、ウェイトベクトル $W_1$ は、 $j$ 番目の入力信号 $RX_j(t)$ に掛け合わされる重み係数 $w_{rxj1}$ ( $j=1, 2, 3, 4$ )を要素とするベクトルである。

【0075】ここで式(9)のように表わされた $y_1(t)$ に対して、式(5)により表現された入力信号ベクトル $X(t)$ を代入すると、以下のようになる。

【0076】

【数4】

$$y_1(t) = H_1W_1^T Srx_1(t) + H_2W_1^T Srx_2(t) + N(t)W_1^T \quad \dots(11)$$

【数5】

$$H_1W_1^T = 1 \quad \dots(12)$$

$$H_2W_1^T = 0 \quad \dots(13)$$

【0079】式(12)および式(13)を満たすよう



にウェイトベクトル  $W1$  が完全に制御されると、アダプティブアレイ 100 からの出力信号  $y1(t)$  は、結局以下の式のように表わされる。

$$y1(t) = Srx_1(t) + N_1(t) \quad \dots (14)$$

$$N_1(t) = n_1(t)w_{11} + n_2(t)w_{21} + n_3(t)w_{31} + n_4(t)w_{41} \quad \dots (15)$$

【0081】すなわち、出力信号  $y1(t)$  には、2人のユーザのうちの第1番目のユーザが送信した信号  $Srx_1(t)$  が得られることになる。

【0082】[無線装置 1000 の動作の概要] 図2は、この発明の前提となる無線装置 1000 の基本的な動作の概要を説明するためのフローチャートである。

【0083】無線装置 1000 においては、アダプティブアレイのウェイトベクトル（重み係数ベクトル）が各アンテナ素子における受信応答ベクトルにより一意に表わせることに着目し、受信応答ベクトルの時間変動を推定することによって間接的にウェイトを推定する。

【0084】まず、受信部 SR1 において、受信信号に基づいて、受信信号の伝搬路の推定を行う（ステップ S100）。伝搬路の推定は、式（1）～（4）において、ユーザから送られる信号のインパルス応答を求めることに相当する。

【0085】言い換えると、式（1）～（4）において、たとえば、受信応答ベクトル  $H1$  が推定できれば、ユーザ PS1 からの信号受信時の伝送路の推定が行えることになる。

【0086】つづいて、送信応答ベクトル推定機 32 ※

$$X(t) = H_1 Srx_1(t) + H_2 Srx_2(t) + N(t) \quad \dots (5)$$

$$X(t) = [RX_1(t), RX_2(t), \dots, RX_n(t)]^T \quad \dots (6)$$

$$H_i = [h_{i1}, h_{i2}, \dots, h_{in}]^T, \quad (i=1, 2) \quad \dots (7)$$

$$N(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_n(t)]^T \quad \dots (8)$$

【0092】ここで、アダプティブアレイが良好に動作していると、各ユーザからの信号を分離・抽出しているため、上記信号  $Srx_i(t)$  ( $i=1, 2$ ) はすべて既知の値となる。

【0093】このとき、信号  $Srx_i(t)$  が既知の信号であることを利用して、受信応答ベクトル  $H1 = [h_{11}, h_{21}, h_{31}, h_{41}]$  および  $H2 = [h_{12}, h_{22}, h_{32}, h_{42}]$  を以下に説明するようにして導出することが★

$$E[X(t) \cdot Srx_1^*(t)] = H_1 \cdot E[Srx_1(t) \cdot Srx_1^*(t)] + H_2 \cdot E[Srx_2(t) \cdot Srx_1^*(t)] + E[N(t) \cdot Srx_1^*(t)] \quad \dots (16)$$

【0096】式（16）において、 $E[\dots]$  は、時間平均を示し、 $S^*(t)$  は、 $S(t)$  の共役複素を示す。この平均をとる時間が十分長い場合、この平均値は以下

\*【0080】  
【数6】

※が、送信時の伝搬路の予測、すなわち、受信時の受信応答ベクトルから送信時点での受信応答ベクトルの予測を行う（ステップ S102）。この予測された受信応答ベクトルが送信時の送信応答ベクトルに相当する。

【0087】さらに、送信ウェイトベクトル計算機 30 が、予測された送信応答ベクトルに基づいて、送信ウェイトベクトルの計算を行い、乗算器 15-1～15-4 に出力する（ステップ S104）。

【0088】[受信応答ベクトル計算機 22 の動作] つぎに、図1に示した受信応答ベクトル計算機 22 のこの発明の前提となる基本的な動作について説明する。

【0089】まず、アンテナ素子数を4本、同時に通信するユーザ数を2人とした場合、各アンテナを経て受信回路から出力される信号は、上述した式（1）～（4）で表わされる。

【0090】このとき、この式（1）～（4）で表わされるアンテナの受信信号をベクトルで表記した式を再び記すことにすると、以下の式（5）～（8）のようになる。

【0091】

※【数7】

★できる。

【0094】すなわち、受信信号と既知となったユーザ信号、たとえば第1のユーザからの信号  $Srx_1(t)$  を掛け合わせて、アンサンブル平均（時間平均）を計算すると以下のようにになる。

【0095】

【数8】

のようになる。

【0097】

【数9】

15

$$\begin{aligned} E[S_{rx1}(t) \cdot S_{rx1}^*(t)] &= 1 \\ E[S_{rx2}(t) \cdot S_{rx1}^*(t)] &= 0 \\ E[N(t) \cdot S_{rx1}^*(t)] &= 0 \end{aligned}$$

【0098】ここで、式(18)の値が0となるのは、信号 $S_{rx1}(t)$ と信号 $S_{rx2}(t)$ に互いに相関がないためである。また、式(19)の値が0となるのは、信号 $S_{rx1}(t)$ と雑音信号 $N(t)$ との間に相関がないためである。

$$E[X(t) \cdot S_{rx1}^*(t)] = H_1$$

【0101】以上のような手続により、第1番目のユーザPS1から送信された信号の受信応答ベクトル $H_1$ を推定することができる。

【0102】同様に、入力信号ベクトル $X(t)$ と信号 $S_{rx2}(t)$ のアンサンブル平均操作を行なうことで、2番目のユーザPS2から送信された信号の受信応答ベクトル $H_2$ を推定することが可能である。

【0103】上述のようなアンサンブル平均は、たとえば、受信時の1つのタイムスロット内の先頭の所定数のデータシンボル列と最後尾の所定数のデータシンボル列について行われる。

【0104】[送信応答ベクトルの推定] 図3は、この発明の前提となる送信応答ベクトル推定機32の基本的な動作を説明するための概念図である。PDMAバーストとして上下回線にそれぞれ4ユーザずつ割当てた8スロット構成を考える。スロットの構成は、たとえば、先頭の31シンボルを第1のトレーニングシンボル列、後続の68シンボルをデータシンボル列、さらに最後尾の31シンボルを第2のトレーニングシンボル列とする。

【0105】上述のとおり、上り回線スロットの先頭および最後尾にトレーニングシンボル列を設け、上述の受信応答ベクトル計算機22のアルゴリズムを用いて両方の受信応答ベクトルを算出する。

【0106】そして、外挿処理(直線外挿)により下り回線用の受信応答ベクトルを推定する。

【0107】すなわち、受信応答ベクトルの要素の任意の1つの時刻 $t$ における値を $f(t)$ とすると、上り回線スロットの先頭トレーニングシンボル列の時刻 $t_0$ での値 $f(t_0)$ と、上り回線スロットの最後尾トレーニングシンボル列の時刻 $t_1$ での値 $f(t_1)$ とに基づいて、下り回線スロットの時刻 $t$ における値 $f(t)$ は、以下のように予測できる。

$$f(t) = [f(t_1) - f(t_0)] / (t_1 - t_0) \times (t - t_0) + f(t_0)$$

なお、以上の説明では、上り回線スロットの先頭と最後尾にトレーニングシンボル列を設け、一次外挿することとしたが、さらに、上り回線スロットの中央部にもトレーニングシンボル列を設け、受信応答ベクトルの上り回線スロット中の3点の値から、時刻 $t$ の値 $f(t)$ を2

16

...(17)

...(18)

...(19)

\*【0099】したがって、式(16)のアンサンブル平均は結果として以下に示すように、受信応答ベクトル $H_1$ に等しくなる。

【0100】

【数10】

...(20)

次外挿で推定する構成としてもよい。もしくは、上り回線スロット中のトレーニングシンボル列を設ける位置を増やせば、さらに高次の外挿を行うことも可能である。

【0109】この発明は、このような外挿処理による下り回線用の受信(送信)応答ベクトルの推定方法の改良に関するものであり、その詳細については後で説明することとし、先に送信ウェイトベクトルの決定について説明する。

20 【0110】[送信ウェイトベクトルの決定] 以上のようにして送信時点での受信応答ベクトルの推定値が求まると、以下の3通りのいずれかの方法で、送信ウェイトベクトルを求めることができる。

【0111】i) 直交化による方法

ユーザPS1の時刻 $t = iT$ ( $i$ : 自然数、 $T$ : 単位時間間隔)におけるウェイトベクトル $W(1)(i) = [w_{t \times 11}, w_{t \times 12}, w_{t \times 13}, w_{t \times 14}]$ を考える。ユーザPS2にヌルを向けるためには、以下の条件が満たされればよい。

30 【0112】ユーザPS2に対して予測した伝搬路(受信応答ベクトル)を $V(2)(i) = [h_1^*(2)(i), h_2^*(2)(i), h_3^*(2)(i), h_4^*(2)(i)]$ とする。ここで、 $h_p^*(q)(i)$ は $q$ 番目のユーザの、 $p$ 番目のアンテナに対する受信応答ベクトルの時刻 $i$ に対する予測値である。同様に、ユーザPS1に対しても伝搬路 $V(1)(i)$ を予測してあるものとする。

【0113】このとき、 $W(1)(i)TV(2)(i) = 0$ となるように、 $W(1)(i)$ を決定する。拘束条件として、以下の条件c1)、c2)を課す。

40 【0114】

c1)  $W(1)(i)TV(1)(i) = g$  (一定値)

c2)  $\|W(1)(i)\|$ を最小とする。

【0115】条件c2)は、送信電力を最小化することに相当する。

ii) 擬似相関行列を用いる方法

ここで、上述の通り、アダプティブアレイはいくつかのアンテナ素子と各素子ウェイト値を制御する部分とからなる。一般に、アンテナの入力ベクトルを $X(t)$ 、ウェイトベクトルを $W$ と表わすと、出力 $Y(t) = WX(t)$ と参照信号 $d(t)$ との平均二乗差を最小にする

ようにウェイトベクトルを制御した場合 (MMSE 基準: 最小2乗誤差法基準)、最適ウェイト  $W_{opt}$  は次式 (Wiener 解) で与えられる。

$$W_{opt} = R_{xx}^{-1} r_{xd}$$

【0117】ただし、  
【0118】

$$R_{xx} = E[x^*(t) x^T(t)]$$

$$r_{xd} = E[x^*(t) d(t)]$$

【0119】を満たす必要がある。ここで、 $Y^T$  は  $Y$  の転置を、 $Y^*$  は  $Y$  の複素共役領域を、 $E[Y]$  はアンサンブル平均を表わす。このウェイト値によりアダプティブアレイは不要な干渉波を抑圧するようにアレイパターンを生成することになる。

【0120】ところで、擬似相関行列を用いる方法では、上記式 (21) を以下に説明する擬似相関行列により計算する。

$$V^{(k)}(i) = [h_1^{(k)}(i), h_2^{(k)}(i), \dots, h_N^{(k)}(i)]^T \quad \dots(24)$$

【0123】このとき、 $t = iT$  における仮想受信信号の自己相関行列  $R_{xx}(i)$  は  $V(k)(i)$  を用いて次式で表わされる。

$$R_{xx}(i) = \sum_{k=1}^K V^{(k)*}(i) V^{(k)T}(i) + NI \quad \dots(25)$$

【0125】ただし、 $N$  は  $R_{xx}(i)$  が整数となるために付加する仮想雑音項である。本発明における計算では、たとえば、 $N = 1.0 \times 10^{-5}$  とした。

【0126】受信信号と参照信号との相関ベクトル  $r_{xd}(i)$  は次式で表わされる。

【0127】

【数15】

$$r_{xd}(i) = V^{(k)*}(i) \quad \dots(26)$$

$$W^{(1)}(i) = (\rho_{22} + N) V^{(1)*}(i) - \rho_{12} V^{(2)*}(i) \quad \dots(27)$$

$$W^{(2)}(i) = (\rho_{11} + N) V^{(2)*}(i) - \rho_{21} V^{(1)*}(i) \quad \dots(28)$$

$$\rho_{ij} = V^{(i)H}(i) V^{(j)}(i)$$

【0131】このように自己相関行列が与えられた時、ウェイトベクトルを計算する方法については、たとえば、文献: T. Ohgane, Y. Ogawa, and K. Itoh, Proc. VTC '97, vol. 2, pp. 725-729, May 1997, または、文献: 田中、大鐘、小川、伊藤、信学技報、vol. RCS98-117, pp. 103-108, Oct. 1998 に記載されている。

【0132】iii) ビームをユーザ PS1 に向ける方

\* 【0116】  
【数11】

\*

...(21)

※ 【数12】

...(22)

...(23)

★ 【0121】すなわち、推定された複素受信信号係数  $h'(k)n(i)$  を用いて、ユーザ  $k$  のためのウェイトベクトル  $W(k)(i)$  を計算する。第  $k$  番目のユーザのアレイ応答ベクトルを  $V(k)(i)$  とおくと、上述のとおり、以下のように求めることができる。

【0122】

【数13】

☆ 【0124】

【数14】

◆ 【0128】したがって式 (21) (25) (26) により、時刻  $t = iT$  における下り回線用ウェイトを求めることができる。

【0129】なお、式 (25) の逆行列演算は逆行列の補助定理により、ユーザ  $k$  に対して最適に計算できる。特に2ユーザの場合には次のような簡単な式でウェイトが算出される。

【0130】

【数16】

...(27)

...(28)

法

ビームをユーザ PS1 に向けると言う点のみに着目すると、以下の式を満たせばよい。

【0133】 $W(1)(i) = V(1)(i) *$

以上説明したようないずれかの方法で、送信時のウェイトベクトルを決定して送信すれば、角度広がりなど動的なレイレー伝搬路を想定した場合、TDD/PDMA方式においても上下回線間の時間差により発生する下り回線での送信指向性の劣化を抑制することが可能である。

【0134】次に、図4は本発明の送信応答ベクトルの推定原理を説明するための概念図である。図4の上段に示す「理想状態」は、基本的には図3に示す概念図をさらに簡略化したものである。

【0135】すなわち、図1の受信応答ベクトル計算機22によって図2のステップS100において計算された上り回線の同一スロット内の2点の受信応答ベクトルである受信応答ベクトル1および受信応答ベクトル2に基づいて、下り回線の対応するスロットの本来の送信タイミングまで直線外挿を行なうことによって下り回線の正しい送信応答ベクトルを推定することができる。

【0136】ここで、この図4の「理想状態」とは、受信応答ベクトル1および2に推定誤差がないことを前提としている。

【0137】しかしながら、図4の下段の「応答ベクトル推定誤差を含む場合」に示すように、たとえば受信応答ベクトル2に、ノイズやサンプリング誤差による推定誤差のために受信応答ベクトル2'のように誤りが生じた場合、これらの受信応答ベクトル1および2'に基づいて「理想状態」と同様に（同じ外挿距離で）直線外挿を行なえば、送信タイミングにおける送信応答ベクトルはさらに大きくずれてしまい、誤った送信応答ベクトルを推定してしまうことになる。

【0138】したがって、このような誤った送信応答ベクトルに基づいて、図1の送信ウェイトベクトル計算機30によって送信ウェイトの決定処理（図2のステップS104）を行なえば、得られる送信ウェイトも誤ったものとなり、下り回線の指向性の誤りすなわち送信エラーを引き起こすことになる。特に、無線基地局と端末との間は長距離のため、わずかな指向性のエラーは大きな送信エラーの原因となる。

【0139】そこでこの発明では、上り回線の受信応答ベクトルに推定誤差が存在するものとして、伝搬路における伝搬環境に応じて外挿処理のための適切なパラメータ、特に外挿距離を調整することにより、下り回線における正しい送信応答ベクトルを推定し、正しい送信指向性を実現しようとするものである。

【0140】図5は、本発明の実施の形態による外挿距離決定の原理を説明するための概念図である。

【0141】伝搬路の伝搬環境は、たとえば伝搬路の受信係数の変動、すなわちフェージングの程度によって表わされる。フェージングの程度は物理量としては、いわゆるドップラー周波数（FD）によって表現される。

【0142】伝搬環境におけるドップラー周波数FDはたとえば次のようにして推定される。すなわち、アダプティブアレイ処理で分離された各ユーザごとの受信信号の時間的に前後する2つの受信応答ベクトルの相関値を計算する。フェージングがなければ、2つの受信応答ベクトルは一致し、相関値は1となる。一方、フェージングが激しければ受信応答ベクトルの差は大きくなり、相

関値は小さくなる。このような受信応答ベクトルの相関値とドップラー周波数FDとの関係を予め実験的に求め、メモリに保持しておけば、受信応答ベクトルの相関値を算出することによって、そのときのドップラー周波数FDを推定することができる。

【0143】まず、フェージングの程度を表わすドップラー周波数に着目して、この発明の実施の形態の動作原理について説明する。

【0144】前述のように、受信応答ベクトル2が推定誤差により受信応答ベクトル2'のようにずれているとき、外挿距離が長くなるほど外挿誤差が大きくなり、本来の送信応答ベクトルからますます誤ったものになってしまうことになる。

【0145】一般的に、フェージングが小さいほど、すなわちドップラー周波数FDが低いほど、伝搬路の受信係数の変動は小さい。そこでこのような場合には外挿距離を短くすることにより実際の変動量以上の外挿を行なってしまうことを防止している。より具体的には、ドップラー周波数FDが低いときには、図5（A）の場合のように受信応答ベクトル2'からX印のa点までの短距離の外挿を行ない、このa点の送信応答ベクトルを推定してX印のb点の正しい送信応答ベクトルとみなすようにしている。

【0146】これに対し、フェージングが大きいほど、すなわちドップラー周波数FDが高いほど、伝搬路の受信係数の変動は大きい。そこでこのような場合には外挿距離を長くすることにより十分な外挿を行うようにしている。より具体的には、ドップラー周波数FDが高いときには、図5（B）の場合のように受信応答ベクトル2'からX印のc点までの比較的長距離の外挿を行ない、このc点の送信応答ベクトルを推定してX印のd点の正しい送信応答ベクトルとみなすようにしている。

【0147】このような処理は、主として図1の送信応答ベクトル推定機32によって実行される。図6は、このようなドップラー周波数FDに着目した外挿処理を表わすフローチャートである。

【0148】図6を参照して、ステップS1において、まず図1の受信応答ベクトル計算機22により伝搬路の推定がなされ、具体的には上り回線の受信応答ベクトル1および2'が推定される。

【0149】次に、ステップS2において、前述の方法によりフェージングの程度すなわちドップラー周波数FDが推定される。

【0150】次に、ステップS3において、図1の送信応答ベクトル推定機32により、図5に関連して説明した方法で、ドップラー周波数FDに応じた最適の外挿パラメータすなわち外挿距離の決定がなされる。なお、この目的で、ドップラー周波数FDの高低に応じて事前測定によって決定されていた最適の外挿距離が図1のメモリ34に予め保持されているものとする。

【0151】次に、ステップS4において、上述のステップS3で決定された外挿パラメータ（外挿距離）を用いて外挿処理がなされ、下り回線の伝搬路の推定、すなわち送信応答ベクトルの推定がなされる。

【0152】最後に、ステップS5において、図1の送信ウェイトベクトル計算機30により、上述のステップS4で決定された下り回線の送信応答ベクトルに基づいて送信ウェイトが推定される。

【0153】以上のように、この実施の形態では、ドップラー周波数FDの高低により最適の外挿距離を選択しているため、上り回線の受信応答ベクトルに推定誤差があっても、正しい送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0154】一方、伝搬路の伝搬環境は、アダプティブアレイ出力から得られる信号のウェイト推定誤差によっても表わされる。このような誤差は、アダプティブアレイ出力から得られる信号値と、期待される所望信号値との平均自乗誤差（Mean Square Error：以下MSE）で表わされ、このMSEが小さいほど上り回線において理想的なウェイトベクトルの推定ができたことになり、アダプティブアレイ出力信号の精度が良いことになる。逆に、MSEが大きいほど上り回線において推定されたウェイトベクトルが最適ではなかったことになり、アダプティブアレイ出力信号の精度が悪いことになる。なお、このMSEの算出方法については周知であるためその説明を省略する。

【0155】したがって、このMSEの大きさに応じて上り回線の受信応答ベクトルに推定誤差が生じ、さらに外挿誤差が生じることになる。

【0156】以下に、上述のMSEに着目して、この発明の他の実施の形態の動作原理について説明する。

【0157】図5の（A）に戻って、MSEが大きく受信応答ベクトルの推定誤差が大きい場合には、外挿距離が長くなると外挿誤差が大きくなるため、外挿距離を短くしている。より具体的には、MSEが大きいときには、図5（A）の場合のように受信応答ベクトル2'からX印のa点までの短距離の外挿を行ない、このa点の送信応答ベクトルを推定してX印のb点の正しい送信応答ベクトルとみなすようにしている。

【0158】一方、図5の（B）に示すように、MSEが小さく受信応答ベクトルの推定誤差が小さい場合には、外挿距離が長くなっても外挿誤差が小さいため、外挿距離を比較的長くしている。より具体的には、MSEが小さいときには、図5（B）の場合のように受信応答ベクトル2'からX印のc点までの比較的長距離の外挿を行ない、このc点の送信応答ベクトルを推定してX印のd点の正しい送信応答ベクトルとみなすようにしている。

【0159】このような処理は、主として図1の送信応答ベクトル推定機32により実行され、図7は、このよ

うなMSEに着目した外挿処理を表わすフローチャートである。

【0160】図7に示したフローチャートは、以下の点を除いて図6に示したフローチャートと同じである。すなわち、ステップS12において、周知の方法によりMSEが算出され、次にステップS13において、図1の送信応答ベクトル推定機32により、図5に関連して説明した方法で、MSEに応じた最適の外挿パラメータすなわち外挿距離の決定がなされる。なお、この目的で、MSEの大小に応じて事前測定によって決定されていた最適の外挿距離が図1のメモリ34に予め保持されているものとする。

【0161】その他の処理については図6に関連して説明したとおりなので、ここではその説明を繰り返さない。

【0162】以上のように、この実施の形態では、MSEの大小により最適の外挿距離を選択しているため、上り回線の受信応答ベクトルに推定誤差があっても、正しい送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0163】次に、図8は、この発明のさらに他の実施の形態による外挿処理を示すフローチャートである。図6の実施の形態ではドップラー周波数FDにより最適の外挿距離を決定し、図7の実施の形態ではMSEにより最適の外挿距離を決定していたが、以下に説明する図8の実施の形態では、ドップラー周波数FDおよびMSEの双方を考慮して最適の外挿距離を決定しようとするものである。

【0164】すなわち、この実施の形態では、基本的にはドップラー周波数FDに基づいて外挿パラメータ（外挿距離）を仮に決定し、その後MSEに基づいて外挿パラメータを補正して最終的に決定しようとするものである。

【0165】図8を参照して、ステップS1および2は図6のフローチャートと同じであるので説明を繰り返さない。ステップS2においてドップラー周波数FDが推定されれば、メモリ34に予め保持されているドップラー周波数FDと外挿距離との対応関係から、最適外挿距離が選択され、仮に決定される。

【0166】その後、ステップS12においてMSEが推定されれば、ステップS22において、このMSEの大小に応じて外挿距離が補正される。たとえば、MSEが大きい場合には外挿距離を短く補正する必要があり、 $X < 1$ の係数で補正される。一方、MSEが小さい場合には外挿距離を長く補正する必要があり、 $X > 1$ の係数で補正される。これらの係数は、予め実験的に求められ、メモリ34に保持されているものとする。

【0167】このように、ステップS22において外挿距離が最終的に決定されると、図6に関してすでに説明したステップS4および5により送信ウェイトが推定される。

【0168】 以上のように、この実施の形態では、外挿誤差に大きな影響を与えるドップラー周波数FDによって仮の外挿距離を選択し、さらにMSEによって外挿距離の補正を行なっているため、より正確な送信応答ベクトルの推定が可能となる。

【0169】 なお、伝搬環境を表わすドップラー周波数やMSEと、外挿距離との対応関係は、無線装置の筐体ごとの個体差により異なるため、一般的には無線装置ごとに事前に測定され、決定される。しかしながら、個体差が小さいと考えられる場合はシステム全体で複数の無線装置に共通の対応関係を用いても良い。

【0170】 さらに、外挿パラメータは、上述の外挿距離に限らず、たとえば外挿の傾きなど他のパラメータであってもよい。

【0171】 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなく特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内のすべての変更が含まれることが意図される。

【0172】

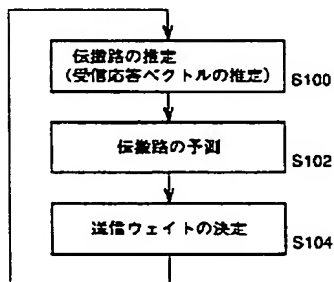
【発明の効果】 以上のように、この発明によれば、たとえ上り回線で推定された受信応答ベクトルに推定誤差があっても、伝搬環境に応じて外挿処理に用いるパラメータを選択することにより、下り回線の送信応答ベクトルを正確に推定することができ、ひいては良好な送信指向性を実現することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態のPDMA用基地局の無線装置（無線基地局）1000の構成を示す概略ブロック図である。

【図2】 無線装置（無線基地局）1000の動作の概要を説明するためのフローチャートである。

【図2】



【図3】 送信応答ベクトル推定機32の基本的な動作を説明するための概念図である。

【図4】 本発明の送信応答ベクトルの推定原理を説明するための概念図である。

【図5】 本発明の実施の形態による外挿距離決定の原理を説明するための概念図である。

【図6】 本発明の実施の形態による外挿処理の概要を説明するためのフローチャートである。

【図7】 本発明の他の実施の形態による外挿処理の概要を説明するためのフローチャートである。

【図8】 本発明のさらに他の実施の形態による外挿処理の概要を説明するためのフローチャートである。

【図9】 周波数分割多重接続、時分割多重接続およびPDMAの各種の通信システムにおけるチャネルの配置図である。

【図10】 アダプティブアレイ無線基地局の基本動作を概念的に示す模式図である。

【図11】 アダプティブアレイ無線基地局の構成を示す概略ブロック図である。

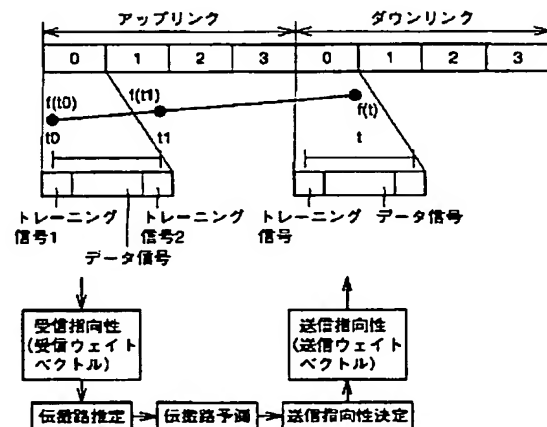
【図12】 携帯電話機の電波信号のフレーム構成を示す概略図である。

【図13】 アダプティブアレイ無線基地局とユーザとの間の電波信号の授受をイメージ化した模式図である。

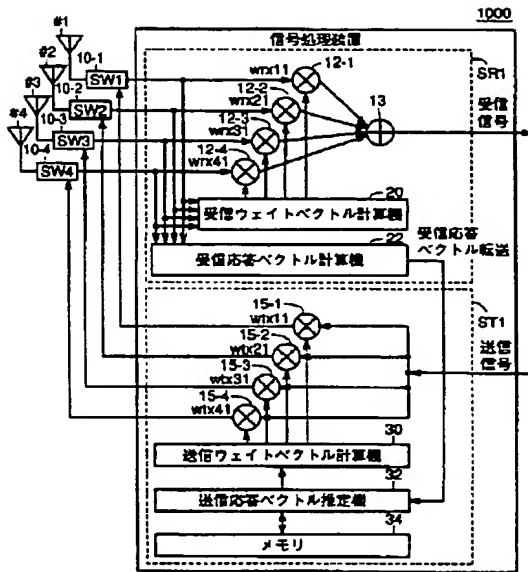
【符号の説明】

SR1 受信部、ST1 送信部、#1～#4 アンテナ、10-1～10-4 スイッチ回路、12-1～12-4 乗算器、13 加算器、15-1～15-4 乗算器、20 受信ウェイトベクトル計算機、22 受信応答ベクトル計算機、30 送信ウェイトベクトル計算機、32 送信応答ベクトル推定機、34 メモリ、1000 無線装置（無線基地局）。

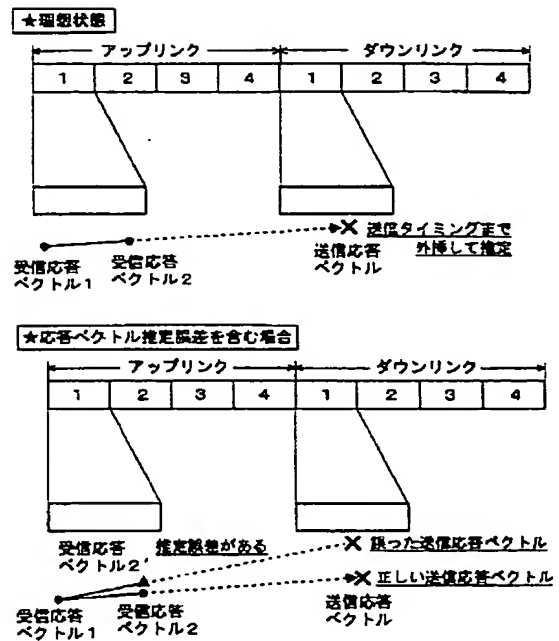
【図3】



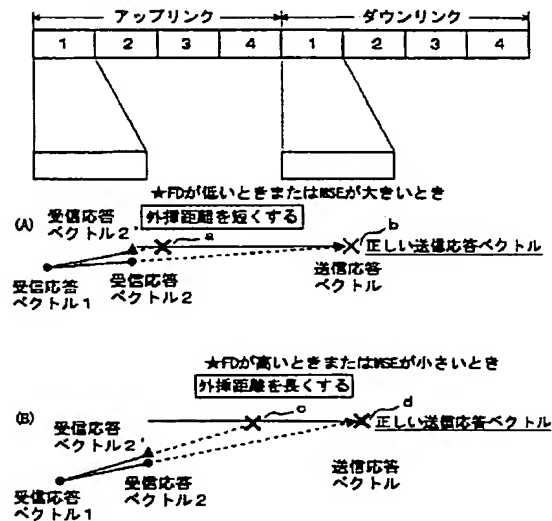
【図1】



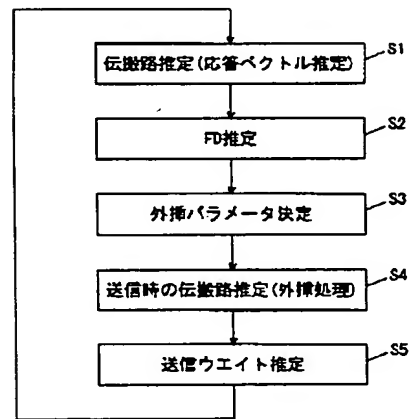
【図4】



【図5】



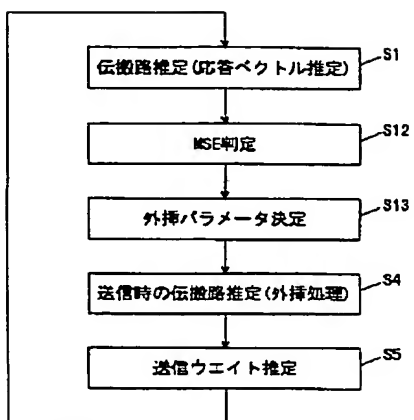
【図6】



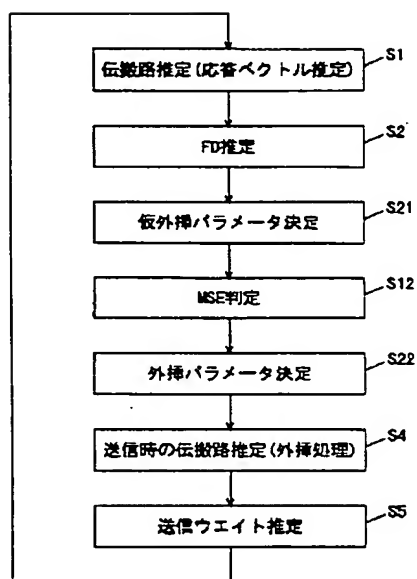
【図12】

1	0	...	1	0	1	...	0	1
プリアンプル (無線基地局にとって、既知の信号系列)				データ(音声など) (無線基地局にとって、未知の信号系列)				

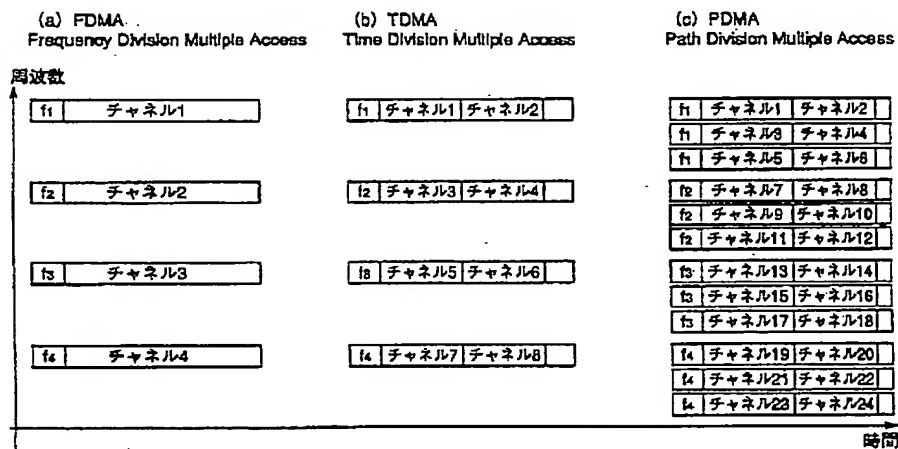
【図7】



【図8】

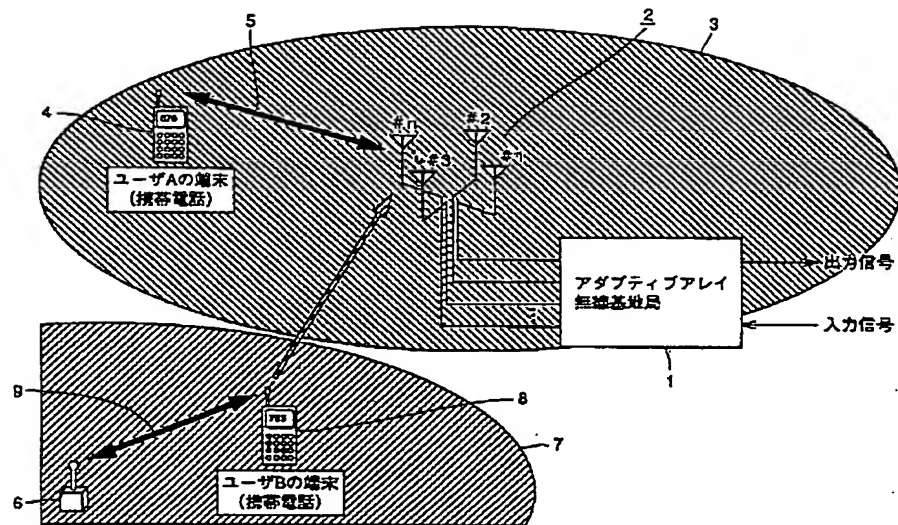


【図9】

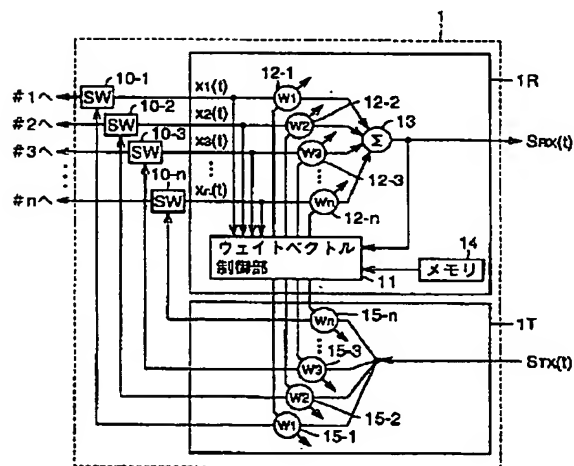




【図10】



【図11】



【図13】

